



MODELOS PARA A TAXA DE FORMAÇÃO DE ESTRELAS E OCORRÊNCIA DE SUPERNOVAS



A. C. S. Ferreira¹, E. Kemp¹

andcris@ifi.unicamp.br, kemp@ifi.unicamp.br

¹ IFGW, UNICAMP, Campinas, SP

Astrofísica — Supernovas — Formação de estrelas — Evolução estelar

Introdução

Há muitas questões na ciência ainda não respondidas e muitas outras ainda em processo de elaboração de uma resposta determinante. Na astronomia, por exemplo, temos muitos modelos explicativos para determinados fenômenos, mas que por vezes apresentam discrepâncias entre si. Uma das discussões atuais na astronomia gira em torno da taxa de formação de estrelas e também da taxa de ocorrência de supernovas (SN), grandezas com grande impacto nas áreas da cosmologia e física de astropartículas. Neste projeto estudamos modelos de taxa de criação de estrelas e taxa de ocorrência de SN juntamente com dados observacionais de diferentes catálogos de objetos celestes e compilações de resultados individuais, na tentativa de entender as diferenças entre tais modelos e de buscar alguma correlação entre as demais variáveis astrofísicas que se mostrarem disponíveis.

Objetivo

Este projeto tem como objetivo estudar modelos de taxa de formação de estrelas assim como taxa de ocorrência de SN utilizando dados observacionais obtidos de catálogos celestes.

Correlacionar dados de diferentes catálogos frente aos modelos avaliados pois durante o estudo dos modelos e compilação dos catálogos, outras variáveis astrofísicas se revelaram úteis para estabelecer uma correlação que possa refinar os modelos.

Este estudo é importante pelo fato desses dados serem usados em várias áreas da física e cosmologia, por exemplo, para determinar a taxa de expansão do universo e suas densidades de energia.

Já era esperado que o nível de correlação entre os dados dos diferentes catálogos e seu poder de complementaridade fosse baixo, no entanto, o trabalho é válido de maneira que contribuirá para a formação profissional e para agregar sólidos conhecimentos de Astrofísica, bem como experiência na análise de dados reais ao comparar tais modelos.

Estratégia

A metodologia deste trabalho consistiu em estudos dirigidos de astrofísica e cosmologia através de livros textos e artigos específicos que tratem dos modelos estudados. Também foram desenvolvidos programas computacionais para os cálculos envolvidos e análise de dados dos catálogos. Neste sentido, foram utilizadas linguagens como C++, planilhas de cálculo e o software científico ROOT.

Modelos Estudados

Um modelo utilizado para a taxa de formação de estrelas (TFE) levando em conta o "redshift" foi construído por Madau (1998, citado por Strolger, 2004) com ajuste em luminosidade UV e linhas H_α [1]:

$$TFE(t) = a(t^b e^{-t/c} + d e^{d(t-t_0)/c})$$

onde t é a idade do universo em Giga-anos no "redshift" z, t₀ = 13,47 Giga-anos que corresponde a idade do universo hoje; a, b, c e d são parâmetros a se determinar com o ajuste da curva [1]. A TFE é medida em M_⊙/ano×Mpc³. A taxa de SN colapso de núcleo (TSNCN) é uma variável que pode ser medida independentemente do modelo de TFE(z) e que possui uma relação de proporcionalidade [2]:

$$TSNCN(z) = k \times H_0^2 \times TFE(z)$$

onde H₀ é a constante de Hubble e k é a proporção de estrelas massivas em relação ao número total de estrelas que nascem e tem unidade de M_⊙⁻¹:

$$k = \frac{8M_{\odot} \int_{0,1M_{\odot}}^{50M_{\odot}} \psi(M) dM}{125M_{\odot} \int_{0,1M_{\odot}} M \psi(M) dM}$$

Considera-se que todas as estrelas entre 8 e 50M_⊙ explodem como SNCN e que o intervalo de massas que englobam a maioria das estrelas é 0,1 à 125M_⊙ [2]. A função ψ(M) é a função de massa inicial (FMI).

A relação entre a TFE e a TSN tipo Ia (TSNIa) pode ser representada pela equação abaixo que contém uma função tempo de atraso Φ(t) que é o número relativo de SNIa que explodem num tempo t', considerando que todas as estrelas tenham nascido ao mesmo tempo t_F [1].

$$TSNIa(t) = v \int_{t_F}^t TFE(t') \Phi(t - t') dt'$$

onde TSNIa(z) dz ≡ TSNIa(t) dt, t é a idade do universo no "redshift" z, v é o número de progenitoras de SNIa por unidade de massa solar, que pode ser calculado:

$$v = \eta \frac{3M_{\odot} \int_{0,1M_{\odot}}^{8M_{\odot}} \psi(M) dM}{125M_{\odot} \int_{0,1M_{\odot}} M \psi(M) dM}$$

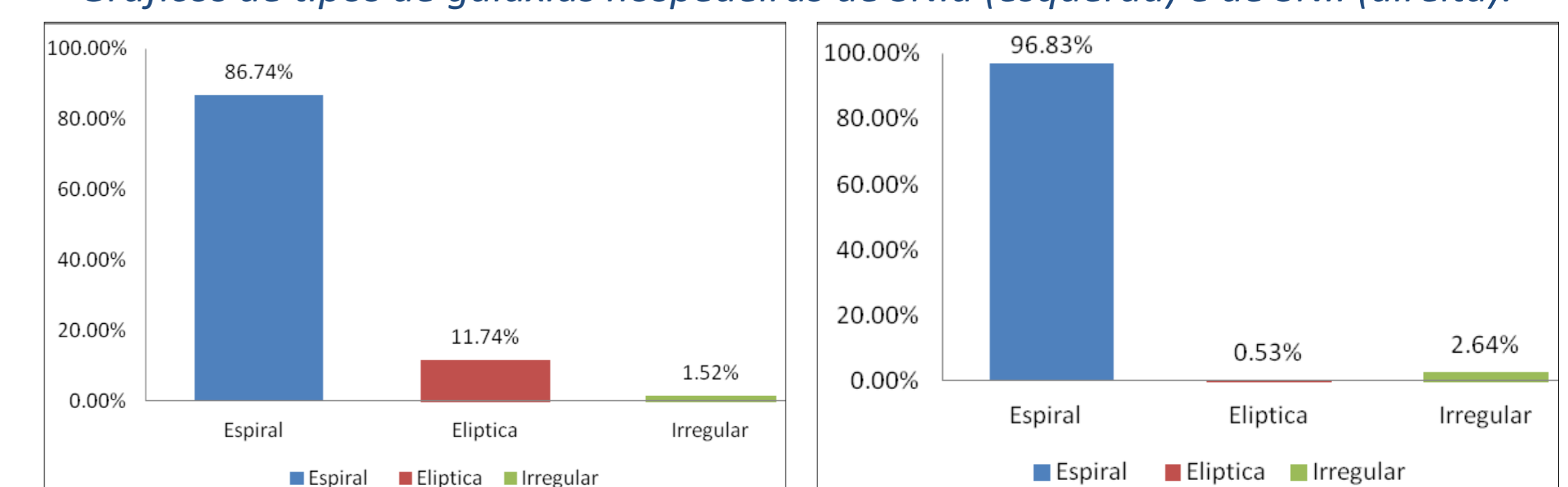
a razão entre as integrais indica o número de estrelas que se tornarão anãs brancas em relação ao número total de estrelas que nascem e a constante η é a porcentagem dessas anãs brancas que virão a explodir como SNIa [1].

Todo estudo feito com esses modelos foi necessário para entender que as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento dessa área da astrofísica são usadas dessa maneira pois há uma escassez de dados observacionais.

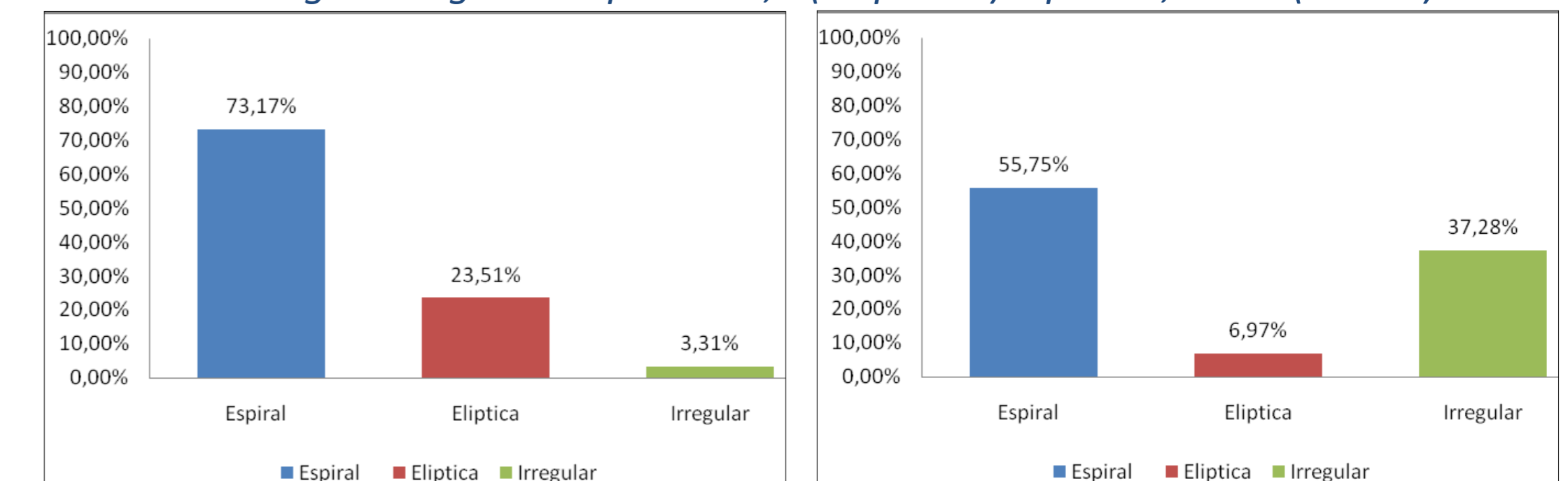
Resultados

Esse trabalho coletou dados de 30 catálogos online [3] em busca de relações entre tipos de SNs e de tipos de galáxias tentando determinar uma porcentagem de SN por tipo de galáxia. Os resultados estão apresentados nas tabelas e gráficos abaixo:

Gráficos de tipos de galáxias hospedeiras de SNIa (esquerda) e de SNIi (direita).



Porcentagem de galáxias para z < 0,5 (esquerda) e para 0,5 < z < 1 (direita).



Porcentagem de galáxias para 1 < z < 1,5 (esquerda) e para z < 1 (direita).

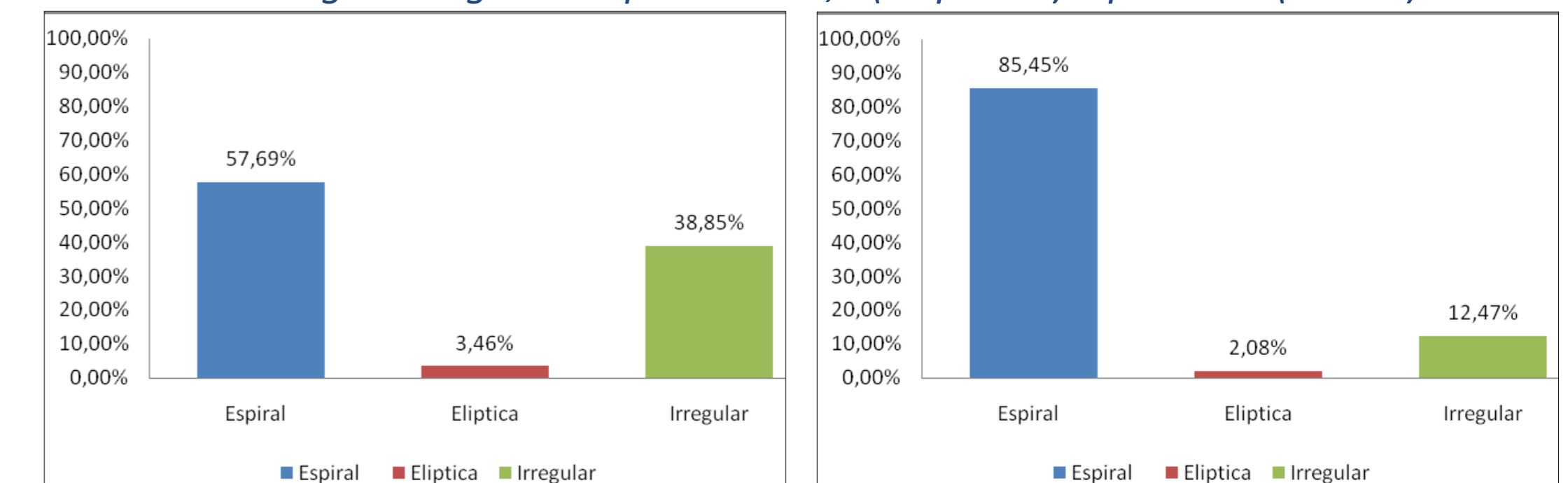


Tabela com a estimativa da porcentagem de SNs em função de z.

Tipos	z < 0,5		0,5 < z < 1		1 < z < 1,5		z > 1,5	
	SNI	SNIi	SNI	SNIi	SNI	SNIi	SNI	SNIi
Espiral	41%	32%	31%	25%	32%	26%	47%	38%
Elíptica	23%	1%	4%	3%	2%	2%	1%	1%
Irregular	1%	2%	21%	17%	22%	17%	7%	6%
TOTAL	65%	35%	56%	44%	56%	44%	56%	44%

As estimativas que conseguimos encontrar são apenas uma tentativa de se obter uma relação entre variáveis encontradas em catálogos a fim de estabelecer algum vínculo entre elas para aplicação na TFE e na TSN. Entretanto tais valores não são seguros, pois as suposições feitas não foram evidenciadas de maneira que podem estar equivocadas. No entanto, o trabalho se mostrou muito instrutivo de maneira a proporcionar experiências acadêmicas não vividas na sala de aula e um contato com o método científico, base de dados, linguagem de programação, ferramentas gráficas e formalismos da área estudada.

Bibliografia

- [1] Strolger, L.-G. et al., Astrophysical Journal 613 (2004) 200;
- [2] Dahlen, T. et al., Astrophysical Journal 613 (2004) 189;
- [3] VizieR On-line Data Catalog;